

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Г. И. ЕПИФАНОВ

**ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕТАЛЛОВ  
НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕЙСТВИЯ ЖИДКИХ СРЕД  
ПРИ СВОБОДНОМ СТРОГАНИИ**

(Представлено академиком П. А. Ребиндером 20 IX 1950)

Ранее нами было установлено <sup>(1)</sup>, что при сверлении наибольшее понижение удельной работы резания под действием активных жидким сред наблюдается у вязких, высокопластичных, сильно упрочняющихся металлов. На металлах малопластичных, склонных к хрупкому разрушению, действие жидкостей незначительно. Для дальнейшего более подробного изучения влияния механических свойств металлов на эффективность действия жидким сред в настоящей работе проведено исследование действия бутилового спирта на процесс свободного строгания ряда металлов — алюминия, меди, олова, цинка, бронзы, чугуна и сурьмы.

По своим механическим свойствам эти металлы могут быть разделены на три группы.

К первой группе относятся алюминий и медь. Они имеют типично металлическую (гранецентрированную) решетку, обладают высокой пластичностью, вязкостью и при комнатной температуре склонны к сильному упрочнению. Достичь хрупкого разрушения у металлов этой группы возможно лишь после чрезвычайно глубокой предварительной пластической деформации.

Ко второй группе относятся олово и цинк. Олово, кристаллизующееся в тетрагональную решетку с сохранением следов атомной связи, имеет четыре неравноценные плоскости скольжения. Обычно процесс пластического течения происходит путем скольжения только по одной плоскости — плоскости базиса. Цинк, обладающий заметно деформированной гексагональной решеткой плотной упаковки, имеет одну плоскость скольжения — плоскость базиса. Небольшое число систем скольжения металлов этой группы обусловливает резкое изменение их механических свойств при переходе от монокристалльного к поликристаллическому состоянию, что выражено значительно слабее у металлов первой группы. При резании таких металлов пластическое течение по плоскостям, благоприятно ориентированным к силам, действующим у резца, быстро исчерпывается, и на сравнительно ранней стадии деформации наступает хрупкое разрушение вдоль режущей кромки инструмента.

К третьей группе относятся типично хрупкие металлы — бронза (хрупкая), чугун и сурьма, резание которых не сопровождается сколько-нибудь заметной пластической деформацией.

Работа проведена на переоборудованном для строгания универсальном фрезерном станке. Во всех опытах скорость резания сохранялась постоянной и равной 10 см/мин. Резцы представляли собой тщательно отполированные плоские клинья из закаленной быстрорежущей стали

РФ-1 с углом резания  $68^\circ$  и задним углом  $8^\circ$ . При резании алюминия и меди подача (глубина резания) равнялась 0,2 мм, при резании остальных металлов 0,3 мм. Образцы изготавливались в форме пластин длиною 80—100 мм, шириной 40 мм и толщиной 3—5 мм из технически чистых металлов. После изготовления они отжигались при соответствующих температурах для снятия напряжений и выравнивания структуры. При проведении опытов образцы зажимались в тисках специального измерительного столика, снабженного регистрирующим динамометром, с помощью которого измерялась главная составляющая силы резания.

В соответствии с различием механических свойств исследуемых металлов, степень пластического деформирования, предшествующая моменту отделения стружки, у металлов разных групп должна быть разной. Наиболее сильной пластической деформации и упрочнению в процессе резания должны подвергаться металлы первой группы, значительно более слабой — металлы второй группы и еще более слабой (практически близкой к нулю) — металлы третьей группы. Это полностью подтверждается измерением продольной усадки стружки  $\eta = l_0/l$ , где  $l_0$  — длина среза,  $l$  — длина снятой с этого среза стружки.

В табл. 1 приведены полученные значения усадки стружки при резании в бутиловом спирте.

Таблица 1

Продольная усадка стружки

	Алюминий	Медь	Олово	Цинк
Резание всухую . . . . .	7,3	4,3	1,88	1,68
Резание в бутиловом спирте . .	2,8	2,7	1,65	1,60

Определить усадку стружки бронзы, чугуна и сурьмы очень трудно, так как получающаяся стружка состоит из отдельных небольших кусочков неправильной формы.

Из табл. 1 видно, что при резании всухую наиболее сильной усадке подвергаются стружки металлов первой группы, причем у алюминия усадка почти в 2 раза выше, чем у меди. Значительно меньшую усадку испытывают металлы второй группы. Еще меньшая усадка, хотя ее и не удалось определить, должна быть у бронзы, чугуна и сурьмы. Бутиловый спирт резко снижает усадку стружки алюминия (в 2,6 раза) и меди (в 1,6 раза), но оказывает очень слабое влияние на усадку олова и цинка и, тем более, на усадку чугуна, бронзы и сурьмы.

Таким образом, при переходе от металлов третьей группы к металлам первой группы должно происходить возрастание относительной доли работы резания, расходуемой на пластическое деформирование снимаемого слоя, и для высокопластичных сильно упрочняющихся металлов эта доля составляет, повидимому, основную часть работы резания.

В табл. 2 приведены значения удельных работ свободного строгания исследованных металлов в  $\text{kГм}/\text{см}^3$ , а также отношение удельной работы резания всухую к удельной работе резания в бутиловом спирте. Здесь же приведены твердости отожженных металлов, определенные вдавливанием алмазной пирамиды с углом при вершине  $135^\circ$ .

Эти данные показывают, во-первых, что при одинаковой примерно твердости удельная работа резания резко возрастает с повышением пластических свойств металлов. Так, для металлов с твердостью 40—50  $\text{kГ}/\text{мм}^2$  при резании всухую она равна 1,8  $\text{kГм}/\text{см}^3$  в случае сурьмы, 46,5  $\text{kГм}/\text{см}^3$  в случае цинка и 130  $\text{kГм}/\text{см}^3$  в случае меди. Боль-

Таблица 2

	Алюминий	Медь	Олово	Цинк	Бронза	Чугун	Сурьма
Твердость в кГ/мм <sup>2</sup> . . . . .	26	46	8,3	52	105	303	53
Удельная работа резания всухую в кГм/см <sup>3</sup> . . . . .	90	130	11,4	46,5	62	62	1,8
Удельная работа резания в бутиловом спирте в кГм/см <sup>3</sup> . . . . .	29,5	67	8,0	42,5	62	45	1,4
Отношение удельной работы резания всухую к удельной работе резания в бутиловом спирте . . .	3,1	1,94	1,43	1,1	1,0	1,38	1,28

ше того, удельная работа строгания чугуна, имеющего твердость 303 кГ/мм<sup>2</sup>, в 1,5 раза меньше удельной работы резания алюминия, имеющего твердость всего лишь 26 кГ/мм<sup>2</sup>, а удельная работа строгания сурьмы примерно в 6 раз меньше удельной работы резания олова, хотя ее твердость почти в 7 раз больше твердости олова.

Во-вторых, сравнивая отношения удельных работ резания всухую к удельным работам резания в бутиловом спирте, легко видеть, что по мере перехода ко все более и более хрупким металлам эффективность действия бутилового спирта сначала падает, достигает нулевого значения у бронзы и затем для еще более хрупких тел снова становится значительной. Подобные же результаты на данном ряде металлов были получены и с другими средами, причем некоторые из них вызывают понижение удельной работы резания сурьмы почти в 2 раза.

Полученная зависимость эффективности действия жидких сред от механических свойств металлов и характера их разрушения может быть объяснена, как нам кажется, предположением, что механизм действия активных жидкостей при резании пластичных и хрупких тел различен.

При разрушении типичных хрупких тел в них под поверхностью разрушения создается зона с более или менее развитой системой обратимо смыкающихся микрощелей (зона предразрушения), так как в этом случае остаточные деформации, возникающие в теле, не могут быть представлены иначе, как в виде трещин<sup>(2)</sup>. Если разрушение ведется всухую, то вслед за снятием нагрузки микрощели смыкаются и энергия, затраченная на их образование, рассеивается. При разрушении же в активной среде адсорбционные слои быстро покрывают свободные поверхности образующихся микротрещин и задерживают их смыкание после снятия нагрузки. В результате остаточная микротрещиноватость зоны предразрушения сильно возрастает, прочность в этой зоне падает и удельная работа разрушения уменьшается. Важно заметить, что облегчение процесса разрушения под действием активных жидкостей сред в этом случае происходит не вследствие изменения самого характера разрушения, а вследствие более полного использования энергии каждого импульса, сообщаемого телу в отдельных актах разрушения. К такого рода телам относятся, по всей вероятности, исследованные чугун и сурьма.

При разрушении высокопластичных, сильно упрочняющихся металлов активная жидккая среда, как это видно из табл. 1, резко уменьшает степень пластического деформирования снятого слоя (стружки), причем это уменьшение тем сильнее, чем большему деформированию подвергается металл при резании всухую и чем активнее среда. Такое уменьшение степени деформации возможно лишь в том случае, если разрушение металла у режущей кромки инструмента и его отделение в струж-

ку в присутствии среды происходит на более ранней, по сравнению с резанием всухую, стадии деформации, как это имело бы место, например, при резании всухую более хрупких металлов. Иначе говоря, это возможно в том случае, если металл, хотя бы в очень узкой зоне, не-посредственно прилегающей к режущей кромке инструмента, под действием активной среды переходил как бы в более хрупкое состояние. Подобный переход может резко уменьшить работу пластического деформирования, затрачиваемую перед каждым элементарным актом отделения стружки, и, следовательно, резко уменьшить и общую работу резания таких металлов.

По мере перехода ко все менее пластичным металлам, испытывающим при резании все меньший наклэп, роль жидкой среды как фактора, ускоряющего хрупкое разрушение, падает, и ее эффективность уменьшается. Для металлов, которые являются, с одной стороны, практически непластичными, а с другой, не настолько хрупкими, чтобы в них возникала заметная зона предразрушения, свойственная типичным хрупким телам, жидкие среды не могут вызывать ни преждевременного разрушения путем перехода их в хрупкое состояние, ни разрыхления путем развития глубокой сети микрощелей. Для таких тел эффективность действия жидких сред должна быть очень незначительной. Подобным телом и является, вероятно, исследованная бронза.

Института физической химии  
Академии наук СССР

Поступило  
23 VI 1950

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> Г. И. Епифанов, П. А. Ребиндер и Л. А. Шрейнер, ДАН, 66, № 5 (1949). <sup>2</sup> Л. А. Шрейнер, Твердость хрупких тел, Изд. АН СССР, 1949; П. А. Ребиндер, Л. А. Шрейнер и К. Ф. Жигач, Понизители твердости в бурении, Изд. АН СССР, 1944; П. А. Ребиндер, Юбил. сборн. АН СССР к 30-летию Октябрьской революции, ч. 1, М.—Л., 1947.